

北海道における基礎断熱を併用した地盤断熱工法の適用に関する研究

北谷幸恵

福島明

月館司

鈴木大陸

(北海道立寒地住宅都市研究所)

1 はじめに

現在、北海道の戸建住宅では、良好な床下環境が得られる等の利点から床断熱(図 1-1)に代えて基礎断熱工法(図 1-2)を採用する住宅が増加している。

スカート断熱工法(図 1-3)は、この基礎断熱と併用することを前提とし、建物の基礎外周に地盤断熱を施す、基礎の凍上防止手法の 1 つである。この工法は基礎付近の地盤の凍結深度を従来に比べて浅くすることが可能で、それに伴い基礎の根入深さ及び住宅建設コストの低減が望める。

当研究所では、寒冷地における住宅建設コストの低減を目指し、このスカート断熱工法の北海道内での採用のための設計手法の確立を最終的な目的とした研究に取り組んだ。

本報では、具体的な設計手法を提案するに当たって行った、地盤温度のシミュレーション等の検討内容についてと、その結果を反映した設計手法をマニュアル¹⁾にまとめたので、その内容について報告する。

2 地盤温度シミュレーションの目的と手法

シミュレーションの目的は、北海道内での簡易的な設計が可能となるスカート断熱の具体的な仕様を表示した資料を作成するための基礎的検討である。

シミュレーションの手法は ISO の凍上防止(案)に基づき、設計上安全側となる熱物性値を用い、水分移動を考慮しない、熱伝導のみの計算を行うこととした。

表 1 にシミュレーションで用いた物性値などの条件を示す。外気温以外は全道一律の物性値を用いた。

表 1 シミュレーションに用いた物性値等の条件

住宅の熱損失係数	1.4 [kcal/h・m ² ・°C]
暖房による取得熱	なし (未入居)
日射による取得熱	なし
竣工時期	断りのない限り 12 月 1 日 それ以前は更地
地盤の熱伝導率	未凍結 1.29 [kcal/h・m・°C]
	凍結 2.15 [kcal/h・m・°C]
地盤の体積比熱	270 [kcal/m ³ ・°C]
地盤の水分量	450 [kg/m ³]
地盤の凍結温度	-1 [°C]

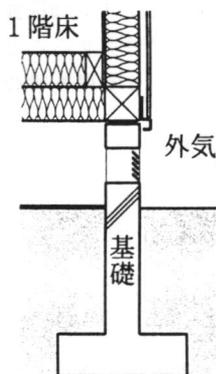


図 1-1
床断熱工法

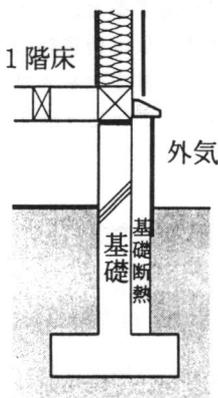


図 1-2
基礎断熱工法

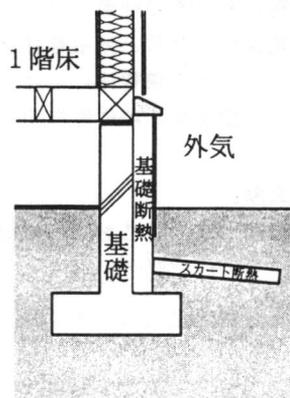


図 1-3
スカート断熱工法

3 シミュレーションによる仕様の検討

スカート断熱の仕様の要素には、スカート断熱に用いる断熱材の種類、厚さ、幅に加え、その断熱材を埋設する深さがあげられ、また、同じ住宅の基礎であっても各部分によって凍結・凍上のし易さが異なるため基礎を適当な各部位に分類し、それぞれの部位毎に設計する必要もあると思われるので、部位の分類の仕方についても検討が必要である。そこで道内各地の気象(外気温)データを用い、様々な仕様の場合の基礎付近での地盤温度分布や凍結深度についてシミュレーションを行い、検討を行った。

この節では、凍結指数 $688[^\circ\text{C}\cdot\text{days}]$ の外気温データを用いた場合の基礎出隅部分についての計算結果を例に、スカート断熱の幅、埋設深さなどの仕様に関する検討結果を報告する。

図2にここで用いた住宅基礎部分の計算モデルを示す。計算結果の内、各モデルの冬季

間における凍結深度の移り変わりを図3に示す。

これらのシミュレーション結果から以下のような知見が得られた。

①モデルAとBの結果の比較から、スカート断熱の幅については、スカート断熱の外側の地盤を地表からの冷たい温度がまわり込んで伝わることから、設計上重要なパラメータとなる。

②モデルBとCは同じ断熱性能、幅のスカート断熱材を用い、埋設深さを変えた場合である。双方ともスカート断熱材の深さまで凍結しているが、埋設深さが異なるため凍結深度の数値も異なっている。

4 地域区分(気候条件)に関する検討

シミュレーションでは、地盤に関する物性値等を安全側にとることで一定値に固定し、作成した設計資料の利用時に利用不可能となるパラメーターは取り入れていない。しかし、

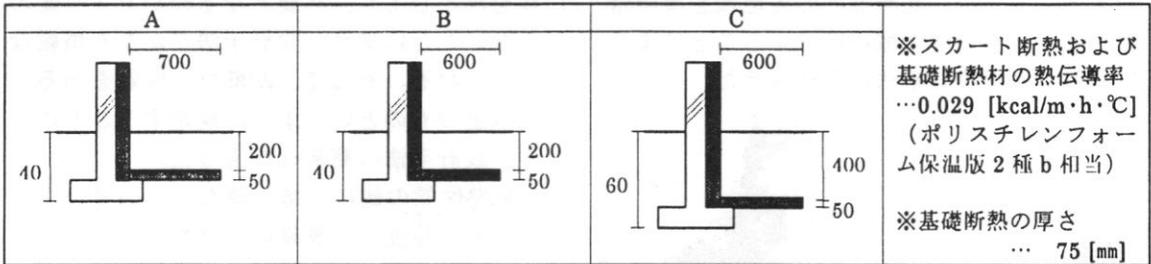


図2 シミュレーションのモデル(A・B・C)

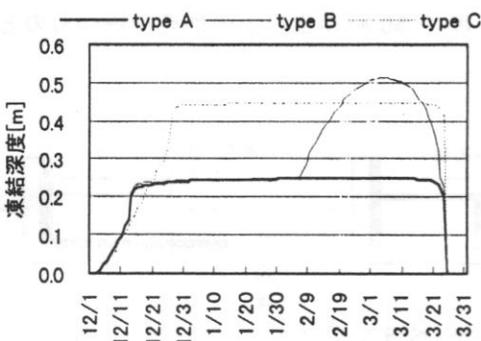


図3 基礎コーナー部分の凍結深度計算結果

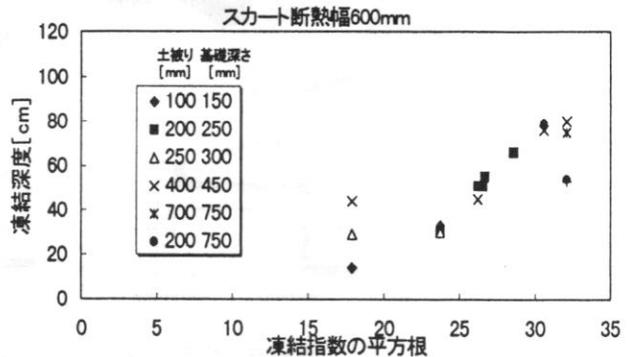


図4 凍結指数の平方根と凍結深度の関係(スカート断熱幅600mmの例)

スカート断熱の仕様を決定する上で各地域の気候条件の差異は重要な要因となる。この節では、地域の気候条件を仕様へ反映させる手法の検討結果について報告する。

スカート断熱材の幅や埋設深さの異なるいくつかの仕様について、立地場所に道内各地を想定してシミュレーションを行った。計算結果を、用いた外気温度データの凍結指数と凍結深度（竣工後最初の年の最大値）の関係について表したものを、スカート断熱材の幅600mmのものを例として図4に示す。

凍結深度は凍結指数の平方根にほぼ比例し、そこから大きく外れているいくつかの点は、スカート断熱材の設置深さをもっと浅くするか、断熱材の幅を狭くすることによって、こういった直線上に位置させることができると思われる。この結果から、適切な設計を行い、ある幅のスカート断熱を用いた場合には、積雪などの影響を無視すれば、凍結深度は凍結指数の平方根にほぼ比例する傾向にあるといえる。そこで、北海道内の各地域を凍結指数に基づき6つの地域に区分することにより気候の条件を設計手法に反映させた。

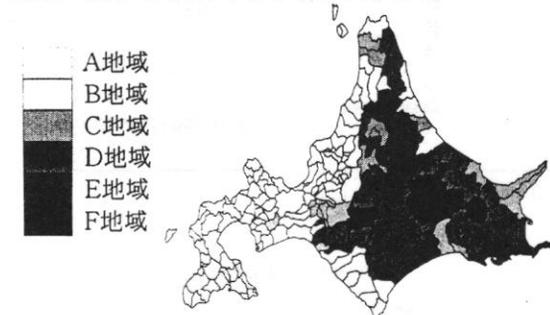


図5 地域区分

なお、外気温以外の気候条件に積雪が無視できない要素としてある。そこで、実際には、積雪の影響を加味し修正を行った凍結指数を用いて地域の区分を行った。

地域区分を図5に示す

5 設計手法に関する検討

これまでに報告した検討等から、以下に報告する内容のスカート断熱の設計手法をまとめた。

(1) 地域区分

先述のとおり、スカート断熱の仕様に関わる要素のうち、立地場所の気候条件については、道内をA～Fの地域区分に分類することで仕様へ反映させることとした。

(2) スカート断熱に用いる断熱材

また、スカート断熱に用いる断熱材については、断熱性能（厚さや断熱材の種類）によっても凍結深度が異なってくる。しかし、これをパラメータに加えて断熱材の性能毎に仕様を決定しても、必要となる幅があまり変わらないことに加え、設計手法がかなり煩雑なものとなる。そこで、断熱材の性能をある一定以上のものというように規定することにより、設計手法の簡易化を図った。

断熱性能の他に、施工時などの破損を避けるために強度と、長期的な断熱性能の保持のために吸水性が低く経年劣化の恐れのないことを条件とし、スカート断熱に用いる断熱材は、押出法ポリスチレンフォーム保温版2種b厚さ50mm相当以上の性能を持つものとした。

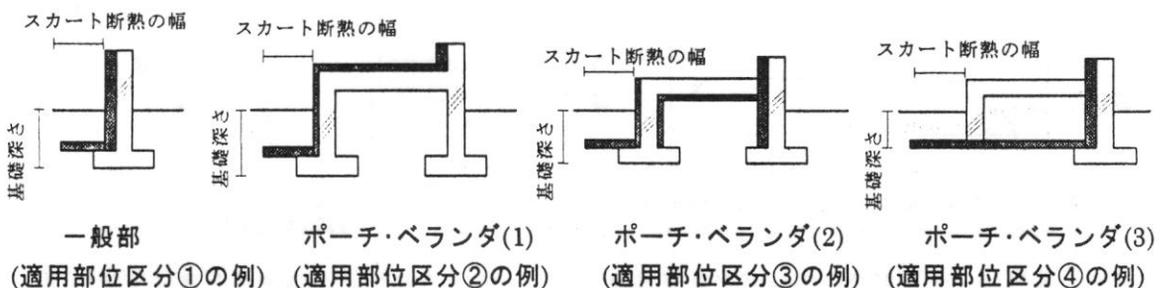


図6 適用部位区分①～④に分類される基礎の各部位・仕様の例

(3) 基礎の適用部位区分

1 軒の住宅の基礎であっても、一般の部分(直線部)や、出隅(コーナー)部分、ポーチやベランダ部分等の各部位によって、また断熱材の設置の仕方等の仕様によっても基礎周辺の地盤の凍結深度に違いが生じる。そこで、凍結深度が定めた基礎深さより深くならないように、適当に分類を行った基礎の各部位毎にスカート断熱の幅を調節し、経済的な設計が可能となるようにすることとした。

基礎の分類の数は、設計、施工の簡易化や施工性の向上からは、より少ない方が望ましいが、材料や根掘りの量の節約のためにはより細かく分類していくこと望ましい。

それらの兼ね合いから、図6に仕様例を示す①～④の4つの「適用部位区分」に基礎の種類を分類した。

(4) スカート断熱の幅

スカート断熱の幅は、「地域区分」、「基礎深さ」から、各「適用部位区分」毎に決定できるように、基礎深さが400、600、900mmの3種類ものについては表2に示す早見表を作成し、これ以外の基礎深さの場合については、基礎深さとスカート断熱の幅の関係を表したグラフを適用部位毎に作成した。図7にグラフの例を示す。

表2 早見表

基礎深さ (凍結深度) [mm]	適用部位区分	スカート断熱の幅 (mm)					
		地域区分					
		A	B	C	D	E	F
400	①	300	300	450	600	700	
	②	300	450	600	750	900	
	③	450	600	750	900	1050	
	④	550	700	800	950	1100	
600	①		300	300	400	500	600
	②		300	400	600	750	900
	③		400	600	750	900	1050
	④		550	700	850	1000	1100
900	①					300	300
	②					450	600
	③					600	750
	④					750	900

6 まとめ

主に地盤温度のシミュレーションによってスカート断熱工法の仕様表示による設計手法を検討し、マニュアルを作成した。検討結果は以下のとおりである。

- ・ 適当な凍結深度となるようにスカート断熱の仕様を設計する上で、スカート断熱の幅は重要なパラメーターである。
- ・ 断熱材の厚さは、設計の簡易化等の理由から、ある一定程度以上の性能を保持することを規定した。
- ・ 凍結深度は、積雪等の影響を無視し、適切な設計を行った場合には、凍結指数の平方根にほぼ比例する。提案した設計手法では、凍結指数を緩和するという形でこれに積雪の影響も加え道内を6つの地域区分に分類し、気候条件が設計に反映されるようにした。
- ・ 建物の基礎を、凍結、凍上のし易さにより①～④の適用部位区分に分類し、各適用部位区分毎にスカート断熱の幅を読み取る表とグラフを作成した。

参考文献

- 1) 北海道、「スカート断熱構法設計・施工マニュアル」
- 2) 北谷他、基礎断熱併用スカート断熱構法に関する研究、建築学会 北海道支部報告集70 (1997, 3)、P. 289-292

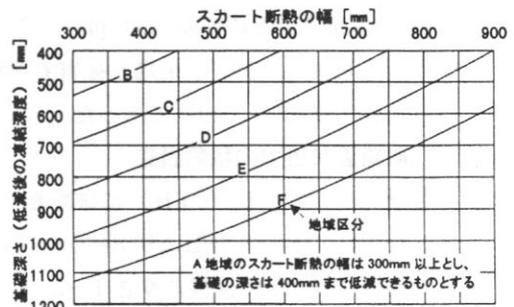


図7 幅決定用グラフ (適用部位区分②)